



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Larissa Moreira Alves Granado

**A EXPANSÃO DO REFLORESTAMENTO DE
EUCALIPTOS NA REGIÃO DE IMPERATRIZ – MA**

Brasília-DF
Dezembro de 2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**A EXPANSÃO DO REFLORESTAMENTO DE EUCALIPTOS
NA REGIÃO DE IMPERATRIZ – MA**

Larissa Moreira Alves Granado

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi.

Brasília-DF
Dezembro de 2016



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**A EXPANSÃO DO REFLORESTAMENTO DE EUCALIPTOS
NA REGIÃO DE IMPERATRIZ – MA**

Discente: Larissa Moreira Alves Granado Matrícula: 12/0015650

Orientador: Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Menção: SS

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi
Universidade de Brasília – UnB
Orientador (EFL)

Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira
Universidade de Brasília – UnB
Membro da Banca (EFL)

Mestre Olívia Bueno da Costa
Universidade de Brasília – UnB
Membro da Banca (EFL)

Brasília, DF, 08 de dezembro de 2016.

“Todos querem o perfume das flores, mas
poucos usam as mãos para cultivá-las.”

Augusto Cury

AGRADECIMENTO

Agradeço à Deus por me dar forças para conquistar tudo aquilo que eu almejei e por me proporcionar a chegar até aqui. Aos meus pais e meus familiares por sempre terem acreditado no meu potencial e me incentivado a sempre seguir em frente. Em especial ao meu cantinho na Cidade Ocidental que sempre foi meu refúgio nas horas de stress.

Obrigada aos meus amigos de semestre, Déborah, Laryssa, Patrícia, Ana Letícia, Mariana, Amanda e Claudia. E, em especial, a minha companheira de quarto, Ana, que suportou minha companhia durante todos esses anos. Todos vocês foram muito especiais para eu chegar até aqui, minha caminhada não teria sido a mesma sem vocês. Obrigada por tudo!

Agradeço imensamente a Ecoflor, por ter me ajudado a crescer pessoalmente e profissionalmente. Sei que depois desse movimento eu me tornei uma pessoa diferenciada, vi como é grandioso poder trabalhar em equipe e conheci pessoas inspiradoras que sempre levarei no meu coração. Impossível citar todas as pessoas maravilhosas que tive a oportunidade de conviver, sendo assim, agradeço em especial a minha linda equipe de marketing e as duas direx ao qual participei. Vocês foram maravilhosos, obrigada!

À todos os meus amigos que sempre compreenderam minhas ausências, Simião, Thiago Voon-Grapp, Maria Ester, Madson, Janine, Larissa Domingos, Raizza, Thaynara e Marília, vocês sempre estiveram no meu coração. Amo vocês!

À minha amiga que mais ouviu minhas aflições, Giovana, você foi essencial para eu chegar até aqui. A Bia, Maitê e Nickolas, por todas as horas que vocês dispuseram para me ajudar. As minhas amigas revisoras mais lindas do mundo, Amanda A., Renata e Victória. Não teria conseguindo sem vocês, vocês foram maravilhosos!

Ao meu parceiro, Gabriel, que teve paciência e soube entender e me dar apoio para concluir essa jornada. Obrigada por tudo!

Aos membros da Comissão do Meio Ambiente da Câmara Federal, Wallace, Gabriel, Marcelo, Gleisson, Stella, Eliane, Davi, Larissa, Glisa, Judson, Lorrany e Rayane, vocês trouxeram muita luz para o ano de 2016. Obrigada pela compreensão, paciência e apoio! Essa equipe é sensacional!

Obrigada ao meu amado Orientador Doutor Eraldo Matricardi, que teve toda a paciência do mundo para ouvir tantos os problemas relacionados ao TCC como os problemas pessoais. O Brasil precisa de mais professores assim. Prof. você tem toda a minha admiração! Muito obrigada!

Por fim, a todos que contribuíram diretamente e indiretamente para eu chegar até aqui, o meu muito obrigada de todo o coração!

RESUMO

A silvicultura vem se expandindo muito nos últimos anos no Brasil e, com isso, aumentando expressivamente as áreas de plantios florestais. Destaque especial se dá às espécies de rápido crescimento, como é o caso do gênero *Eucalyptus*, que se apresenta como boa alternativa para produção de madeira para diversas finalidades, com boa rentabilidade. Entretanto, a expansão das monoculturas florestais tem sido questionada sobre seus benefícios e impactos socioeconômicos e ambientais nas regiões produtoras. Do ponto de vista ambiental, os mais conservacionistas, afirmam que a expansão das monoculturas florestais contribui com o aumento do desmatamento de vegetação nativa nas regiões produtoras. Por outro lado, os mais desenvolvimentistas argumentam que os plantios de eucaliptos ocupam áreas previamente desmatadas e, portanto, causam poucos impactos ambientais. Diante desta questão, a presente pesquisa buscou entender a dinâmica espaço-temporal da expansão dos plantios de eucaliptos na região de Imperatriz no estado do Maranhão e, em parte, no estado do Tocantins, utilizando dados de sensoriamento remoto a partir da análise supervisionada para os anos de 2005, 2010 e 2016. Com base nos resultados deste estudo, estima-se que a agropecuária e a vegetação nativa compõem os usos e coberturas da terra predominantes até 2016, ocupando 45% e 41% da área de estudo, respectivamente. As áreas de cultivos florestais aumentaram 43% entre 2005 e 2016 e ocupavam 35.594 hectares em meados de 2016, representando 1% da área total de estudo. A maior área plantada de eucaliptos foi observada no município de Açailândia, com 58,3% de toda a área de florestas plantadas na região de estudo. Aproximadamente 72% e 55% das áreas de reflorestamentos detectados em 2010 e 2016, respectivamente, foram implantadas em áreas previamente ocupadas por reflorestamentos detectados em 2005. Aproximadamente 16 e 29% dos reflorestamentos foram implantados em áreas de vegetação nativa até 2010 e 2016, respectivamente. Outros 14% dos plantios florestais em 2010 e 2016 ocuparam áreas de pastagens e solos expostos. A maior parte dos reflorestamentos observados neste estudo parecem estar voltados para o atendimento da demanda de matéria prima da indústria de papel e celulose recentemente instalada na região. Finalmente, a expansão do reflorestamento na região de Imperatriz-MA não parece ser o principal responsável pela expansão do desmatamento, pois ocupa uma pequena parte do território estudado. É possível, entretanto, que os usos da terra substituídos por reflorestamento na região estudada, como é o caso da agropecuária, tenham sido deslocados para outras áreas, inclusive sobre áreas de vegetação nativa.

Palavras chave: Análise temporal, Expansão de eucaliptos, Região de Imperatriz, Sensoriamento Remoto e Uso prévio.

ABSTRACT

Forestry has been substantially expanding in recent years in Brazil, which resulted in increases of forest plantations. Special emphasis has been given to fast growing species, such as the *Eucalyptus* genus, which presents itself as a good alternative for the production of wood for various purposes, with good profitability. However, in the producing regions, the expansion of forest monocultures has been questioned. The long term socioeconomic and environmental impacts are being debated. From an environmental point of view, most conservationists say that the expansion of forest monocultures contributes to the increase of deforestation of native vegetation in the producing regions. On the other hand, those in favor of development argue that eucalyptus plantations occupy areas previously deforested and, therefore, have few environmental impacts. In view of this issue, the present research sought to understand the space-time dynamics of the expansion of eucalyptus plantations in the region of Imperatriz in the state of Maranhão and, in part, in the state of Tocantins, using remote sensing data for the years 2005, 2010 and 2016. Based on the results of this study, it is estimated that agriculture and native vegetation made up the predominant uses and land cover by 2016, occupying 45% and 41% of the study area, respectively. Forest crop areas increased 43% between 2005 and 2016 and occupied 35,594 hectares by mid 2016, representing 1% of the total area of study. The largest planted area of eucalyptus was observed in the municipality of Açailândia, with 58.3% of the area planted in the study area. Approximately 72% and 55% of the reforestation areas detected in 2010 and 2016 respectively were planted in areas previously occupied by reforestations detected in 2005. Approximately 16 and 29% of the reforestations were planted in areas of native vegetation by 2010 and 2016 respectively. Another 14% of the forest plantations in 2010 and 2016 occupied areas of pasture and exposed soils. Most of the reforestations observed in this study seem to be aimed at meeting the demand for raw material from the pulp and paper industry recently installed in the region. Finally, the expansion of reforestation in the region of Imperatriz-MA does not seem to be, in the main, responsible for the expansion of deforestation, since it occupies a small part of the studied territory. It is possible, however, that the land uses replaced by reforestation in the studied region, such as agriculture and livestock, have moved to other areas, including those with native vegetation.

Keywords: Temporal analysis, Eucalyptus Expansion, Imperatriz Region, Sensory Remote and Use of the soil.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Questões Norteadoras Neste Estudo	11
1.2. Objetivo	12
1.2.1. Objetivo Geral	12
1.2.2. Objetivos Específicos	12
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	13
2.1. Florestas plantadas no mundo	13
2.2. Reflorestamento no Brasil	14
2.3. Sensoriamento remoto	16
2.3.1. Sistema Landsat.....	17
2.3.2. RapidEye	19
3. METODOLOGIA.....	20
3.1. Área de estudo	20
3.2. Base de Dados.....	21
3.3. Processamento	22
3.4. Classificação supervisionada	22
3.5. Áreas de reflorestamento e cidades.....	23
3.6. Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra	23
3.7. Avaliação da acurácia	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Avaliação da Acurácia do mapeamento.....	25
4.2. Uso e cobertura da terra	26
4.3. Áreas reflorestadas.....	29
4.4. Dinâmica do uso e cobertura da terra	30
5. CONCLUSÃO.....	32
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo entre Maranhão e Tocantins.	20
Figura 2. Órbitas e Pontos de Imagens de Landsat para a região de Imperatriz.	21
Figura 3. Classes de uso e cobertura da terra na região de Imperatriz, Maranhão em a) 2005, b) 2010 e c) 2016.	28
Figura 4. Localização das áreas de plantios de eucalipto na região de Imperatriz, estado do Maranhão. SPAB = São Pedro da Água Branca; VNM = Vila Nova dos Martírios; CID = Cidelândia; AÇ = Açailândia; SFB = São Francisco do Brejão; IMP = Imperatriz.	30

TABELAS

Tabela 1. Cenas utilizadas para cobrir a área de Estudo.	22
Tabela 2. Matriz de confusão estimada a partir da classificação do uso e cobertura da terra em 2010 comparados com dados referência obtidos da imagem Rapideye de 2011.	25
Tabela 3. Dinâmica do uso e cobertura da terra na área de estudo em 2000, 2005, 2010 e 2016.	27
Tabela 4. Áreas de reflorestamento por município da região de estudo em 2016.	29
Tabela 5. Uso prévio das áreas com plantio de eucalipto em 2016.	31

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a silvicultura tem apresentado um crescimento em escala global. O Brasil, um dos países com maior potencial de reflorestamento no mundo, vem expandindo sua silvicultura, tanto em área plantada quanto em produção. Essa expansão deve-se a dois fatores determinantes: a necessidade crescente na produção madeireira e os incentivos fiscais gerados pelo governo (NOVAIS, 2006). Referindo-se a árvores de rápido crescimento, o gênero *Eucalyptus* apresenta-se como boa alternativa para produção madeireira, possuindo grande potencial de crescimento e produtividade (MIRANDA, 2012).

O plantio de eucalipto vem se expandido cada vez mais no Brasil devido à grande rentabilidade que é capaz de gerar, sendo utilizado, normalmente, para a indústria de celulose e para a obtenção madeireira de móveis ou carvão (VITAL, 2007). Nos últimos anos, esse tema tem sido muito abordado devido aos questionamentos de benefícios e impactos causados pela expansão das monoculturas de eucalipto nas regiões produtoras.

O argumento dos mais desenvolvimentistas é de que os plantios de eucalipto ocupam áreas previamente desmatadas, causando assim poucos impactos ambientais. Os ambientalistas argumentam que a expansão das monoculturas florestais contribui com o aumento do desmatamento de vegetação nativa em diversas regiões no Brasil.

Sendo assim, as imagens obtidas de satélites podem contribuir para o entendimento da distribuição espacial e temporal da vegetação a partir do mapeamento do uso e cobertura da terra de regiões de interesse (COUTINHO, 1977). Esse método está mais frequente nas pesquisas relacionadas ao uso dos solos, por ser uma ferramenta de grande potencial para obtenção de informações necessárias no manejo e gerenciamento de recursos, como o solo, água e vegetação (SILVA, 2005). Espera-se com esse estudo, quantificar o crescimento do reflorestamento na área estudada e identificar os usos prévios a esses plantios.

1.1. Questões Norteadoras Neste Estudo

As questões norteadoras deste estudo são: Qual a área e a distribuição espacial dos principais plantios de eucaliptos na região de Imperatriz-MA? Quais usos e coberturas da terra foram substituídos por reflorestamento de eucaliptos? Os reflorestamentos contribuem para o aumento do desmatamento na região?

1.2. Objetivo

1.2.1. *Objetivo Geral*

Avaliou-se a dinâmica espaço-temporal da expansão dos plantios de eucaliptos na região de Imperatriz, no estado do Maranhão, e em parte do Tocantins, utilizando dados de sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento.

1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Avaliar a dinâmica espacial e temporal do uso e cobertura da terra e expansão do eucalipto na região de Imperatriz, estado do Maranhão, e em parte do estado do Tocantins.
- Estimar as áreas de reflorestamento na região de estudo nos anos de 2005, 2010 e 2016;
- Identificar os usos e coberturas da terra prévios aos plantios de eucaliptos na região e período de estudo;
- Verificar a contribuição da expansão do reflorestamento no desmatamento de vegetação nativa.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. Florestas plantadas no mundo

O desenvolvimento industrial cresceu muito na última década e com ele vieram assuntos nunca abordado antes, como o aquecimento global e a sustentabilidade. Nos anos 90, as questões florestais ganharam destaque mundial. Nessa década houve a Eco-92, com discussões sobre preservação das florestas, convenções de mudanças climáticas e desertificação (NOVAES, 1992). Cerca de 240 milhões de pessoas vivem em áreas florestais e dependem da proteção das indústrias e das florestas, que representa cerca de 3% do comércio do planeta. Consolidando a silvicultura como uma área fundamental para a economia mundial (SCHUMACHER, 2005).

As florestas naturais no mundo somam cerca de 4 bilhões de hectares. Segundo a FAO (2015), a taxa de desmatamento no mundo caiu mais de 50% nos últimos 25 anos. O último relatório realizado pela organização, *Global Forest Resources Assessment*, diz que a taxa anual de perda florestal era de 0,18% no início dos anos 90 e a partir de 2010 essa taxa diminuiu para 0,08%. Ao mesmo tempo, o mundo passa por um momento em que mais terras estão sendo designadas como floresta permanente, há um maior monitoramento e planejamento das áreas.

Apesar da desaceleração no desmatamento, de acordo com o relatório da FAO (2015), cerca de 129 milhões de hectares de floresta, ou seja, uma área quase equivalente em tamanho à África do Sul foi perdida desde 1990 até 2015, o que representa uma perda líquida anual de 0,13%. O relatório também apontou que a África e a América do Sul tiveram as maiores perdas anuais de florestas entre 2010 e 2015, com uma taxa de desmatamento de 2,8%, equivalente a dois milhões de hectares. Apesar disso, o documento apontou que a taxa tem caído substancialmente em relação aos anos anteriores.

O Brasil, por possuir uma das maiores áreas de cobertura do mundo, deveria ser conhecido como um lugar de preservação ao invés de receber o título de campeão de desmatamento (MIRANDA, 2002). Mesmo com a redução substancial apontada no relatório da FAO (2015), o mundo não chegou nem de perto no que seria ideal para preservação da biodiversidade mundial.

As áreas de florestas plantadas aumentaram em mais de 105 milhões de hectares desde 1990. A taxa média anual de aumento entre 1990 e 2000 foi de 3,6 milhões de

hectares (ha). A taxa atingiu um pico de 5,9 milhões de ha por ano para o período de 2000 a 2005, e desacelerou para 3,3 milhões de hectares por ano entre 2010 e 2015, com diminuição no leste da Ásia, Europa, América do Norte e do Sul e Sudeste Asiático (FAO, 2015).

Nos últimos 25 anos as florestas do mundo mudaram em formas dinâmicas e diversificadas. Países têm agora mais e melhor informação sobre os seus recursos florestais do que nunca e como resultado é possível inferir sobre tendências florestais mundiais. Apesar da taxa de desmatamento ter reduzido nos últimos tempos, ainda é necessária a existência e aplicação de políticas acopladas com incentivos e aplicações efetivas da lei (ABRAF, 2013).

2.2. Florestamento no Brasil

Antes dos portugueses chegarem ao Brasil, as florestas eram fundamentais na vida das populações indígenas, os recursos representavam fonte de alimento e de bens básicos para a subsistência da população (PELA, 2010). Com a chegada dos colonizadores, os recursos passaram a ser explorados em grande quantidade. Assim, algumas espécies se tornaram escassas durante o período do Brasil Império (1822-1889). Esse período foi marcado por uma política voltada para colonização rápida, porém havia grande conflito entre a redução da exploração florestal e a política liberal para o processo de rápida colonização (KENGEL, 2001).

Logo após, durante a República Velha, entre 1889 e 1930, a gestão de recursos florestais não possuía grande importância. Em 1872 foi criada a primeira empresa privada especializada em corte de madeiras no país, a Companhia Florestal Paranaense. Durante esse período, as questões relacionadas a gestão do uso de recursos florestais não possuíam importância significativa (PELA, 2010). Só a partir de 1920 o problema do crescente desmatamento recebeu atenção.

Com a implantação do Estado Novo, em 1930, surgiram políticas legais de combate ao desmatamento e o anteprojeto do Código Florestal Brasileiro (KENGEL, 2001), que em 1934 foi transformado em lei. A partir dos anos 60, o setor florestal começou a ganhar forças no Brasil devido à criação de políticas governamentais de incentivos fiscais que tinham como objetivo a implantação de florestas de rápido crescimento e a diminuição da exploração de recursos florestais naturais (NOVAIS, 2006; BACHA, 2008).

Já em 1974, o governo brasileiro anunciou o Programa Nacional de Papel e Celulose com o intuito de promover ainda mais o desenvolvimento do setor madeireiro que já apresentava grande potencial de crescimento (JUVENAL, 2002). Essa política, infelizmente, não foi bem-sucedida devido a forma com que os recursos econômicos foram utilizados (PELA, 2010). Esse excesso de exploração dos recursos naturais, na década de 90, gerou o desenvolvimento de políticas florestais restritivas com o objetivo de preservar as florestas nativas.

No início do século XXI o governo começou a estabelecer programas de incentivo ao setor florestal. Os investimentos foram para plantação de florestas e para projetos da indústria florestal de alta capacidade. Apesar de todo o investimento do governo, o setor privado ainda é o grande responsável pelos níveis atuais de investimento em florestas plantadas (PELA, 2010).

O Brasil, por possuir excelentes condições edafoclimáticas, competência gerencial e por significativos avanços tecnológicos da silvicultura nos últimos anos, foi capaz de gerar condições de crescimento florestal cerca de 10 vezes superiores que nos países tradicionais (VALVERDE, 2012). Assim, o país se mostra como potencial produtor silvicultural comparado a outras regiões.

Segundo o último Relatório da Associação Brasileira de Produtores de Floresta Plantada, a área brasileira de plantios de *Eucalyptus* e *Pinus* foi de 6,66 milhões de hectares em 2012, crescendo 2,2% relacionado ao ano anterior. Sendo os plantios de *Eucalyptus* (76,6%) e o de *Pinus* (23,4%) da área de floresta plantada nacional (ABRAF, 2013). Os estados com maior concentração de plantio foram Mato Grosso do Sul, Bahia, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais (ABRAF, 2013).

Com essas condições, o Brasil possui grandes vantagens na produção, especialmente de espécies do gênero *Eucalyptus* devido ao seu grande potencial de crescimento e produtividade (JUNIOR & GARCIA, 2003). O plantio de eucalipto vem se expandido cada vez mais no Brasil devido à grande rentabilidade que é capaz de gerar. (VITAL, 2007), podendo agregar desenvolvimento econômico para as regiões em que forem inseridos.

Hoje, com a crescente demanda madeireira fez-se necessário a criação de políticas para assegurar a proveniência do processo de exploração florestal, assegurando que seja ecologicamente correto, socialmente justo e economicamente viável. Para essa finalidade foi criada a certificação florestal (SOBRAL, 2002). De acordo com o último relatório da Associação Gaúcha de Empresas Florestais o Brasil possui cerca de 14 milhões de

hectares de floresta plantada, porém apenas 2,9 milhões são áreas plantadas certificadas, ou seja, apenas 21% (AGEFLOR, 2016). Tendo em vista os dados, infere-se que além de incentivos e políticas é necessário a aplicação efetiva da lei florestal para que haja um crescimento concreto e significativo do setor florestal.

2.3. Sensoriamento remoto

A atividade humana, principalmente devido à expansão territorial e às mudanças ambientais, tem transformado constantemente os recursos naturais. Para o controle dessas transformações é necessário que haja um acompanhamento temporal e espacial das regiões exploradas. Segundo SAUSEN (2000), a forma mais efetiva e econômica de monitorar as atividades antrópicas é a partir de imagens de satélites.

O sensoriamento remoto é o conjunto de técnicas que possibilita a obtenção de informações da superfície da terra sem a necessidade de um contato direto. Esse sistema engloba a coleta, processamento e análise de dados da superfície terrestre, contribuindo significativamente em diversas etapas. Essas etapas são a identificação, descrição e caracterização de padrões espaciais, acompanhamento de alterações e condições dos recursos naturais provocadas pelo seu uso e manejo ou por acidentes naturais ou culturais (CARVALHO et al., 1990).

Devido a disponibilidade de imagens e programas gratuitos, a aplicação do sensoriamento remoto se expandiu de diversas formas (LIMA NETO, 2011). As pesquisas ambientais se tornaram muito eficazes após os avanços tecnológicos do Sistema de Informação Geográfica (SIG) pois, para lidar com recursos ambientais é necessário que se faça monitoramento constante, avaliando assim, a dinâmica espacial natural.

Nos últimos anos o sensoriamento remoto tem tomado mais espaço nas pesquisas relacionadas ao uso dos solos, por ser uma ferramenta poderosa para obtenção de informações necessárias para o manejo, gerenciamento de recursos hídricos, como o solo, água e vegetação (DA SILVA, 2005). Todos os satélites de sensoriamento remoto carregam a bordo sensores de imageamento. Esses sensores captam a radiação eletromagnética, conhecida como energia, refletida ou emitida pelos elementos da superfície terrestre em diferentes comprimentos e frequências de onda (FLORENZANO, 2002).

São diversos *softwares* destinados ao tratamento de imagens. A partir destes é possível obter imagens com diversos recursos modificados. É possível alterar a composição das cores, alterar as dimensões das imagens e a classificação dos objetos identificados, podendo obter mapas que informem diversas áreas de estudo como vegetação, uso do solo, geologia, drenagem, entre outros (SAUSEN, 2000).

Os satélites funcionam a partir da captação realizada pelos sensores eletrônicos de energia refletida pela superfície terrestre, os quais são instalados em satélites artificiais. A energia é transformada em sinais elétricos, os quais são registrados e transmitidos para estações de recepção na Terra, sendo então transformados em imagens. As informações são levadas até os satélites a partir de radiação eletromagnética (FIGUEIRO, 2005).

A aplicação do sensoriamento remoto se mostra cada dia mais importante para gerar banco de dados com fonte de informações sobre os diversos fenômenos que ocorrem na superfície terrestre. Atualmente, há uma grande variedade de satélites na órbita da Terra que carregam sensores com diferentes resoluções espaciais e temporais (FRANÇA et al., 2005).

A visualização das diferentes informações de uma imagem é possível devido aos diferentes comportamentos das ondas eletromagnéticas quando entram em contato com a natureza, pois a radiação solar age diferente de acordo com o tipo de alvo e, assim, as superfícies possuem uma própria assinatura espectral. A escolha da maneira de obtenção de imagens deve ser baseada em alguns itens, como escala, área de estudo e o sensor a ser utilizado (SAUSEN, 2000).

A cobertura das regiões do globo é realizada devido à rotação da terra em torno do seu eixo em combinação com o movimento de polo a polo do satélite (FIGUEIRO, 2005). Assim, as imagens de satélite são de grande utilidade, por permitir a visualização de todo o globo terrestre a partir de imagens sensorizadas.

2.3.1. Sistema Landsat

Em 23 de julho de 1972 foi lançado nos Estados Unidos, pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), o satélite chamando ERTS 1 (*Earth Resources Technology Satellite*), conhecido atualmente como Landsat (CUNHA, 2009). O sistema foi o primeiro a obter imagens terrestre sinópticas de forma sistemática de média resolução (FIGUEIREDO, 2005). Hoje, já foram lançados sete satélites ao todo.

A série de Landsat teve início na segunda metade da década de 60 com o intuito de observar os recursos naturais terrestres. O primeiro satélite lançado foi o L1 em 1972, depois, em 1975 lançaram o L-2 e o L-3 e só em 1982 foi lançado o L-4. Esse era diferenciado, pois possuía o sensor TM (*Thematic Mapper*), projetado especialmente para dar suporte as pesquisas na área de recursos naturais (FIGUEIREDO, 2005).

Em 1984 foi lançado o quinto satélite, o L5 projetado para dar suporte às pesquisas nas mais diversas áreas temáticas, especializado em recursos naturais. Ele manteve-se com o sensor TM ativo até novembro de 2011, atingindo a marca de 28 anos em operação (EMBRAPA, 2003). O Landsat 6 foi projetado com o sensor ETM (*Enhanced Thematic Mapper*), as configurações foram semelhantes aos dos satélites anteriores, mas inovou na inclusão da banda 8 pancromática possuindo 15 metros de resolução espacial. O ETM evoluiu para o ETM+ e com essa nova configuração foi lançado o L-7 (USGS, 2016).

Em 2013 o Satélite Landsat 8 foi lançado portando dois tipos de sensores, OLI (*Operational Land Imager Sensor*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensors*), sendo um sensor infravermelho térmico. O OLI coleta dados de ondas nas bandas espectrais infravermelho visível, infravermelho próximo e curtas, bem como as bandas pancromáticas. Os sensores possuem diferentes detalhes em suas aplicações e características de bandas espectrais (USGS, 2016).

O sensoriamento remoto tem tomado cada dia mais espaço nas pesquisas relacionadas ao uso dos solos, por ser uma ferramenta poderosa para obtenção de informações necessárias para o manejo e gerenciamento de recursos hídricos, como o solo, água e vegetação (DA SILVA, 2005). Todos os satélites de sensoriamento remoto carregam a bordo sensores de imageamento. Esses sensores captam a radiação eletromagnética, conhecida como energia, refletida ou emitida pelos elementos da superfície terrestre em diferentes comprimentos e frequências de onda.

O olho humano enxerga apenas a energia visível, já os sensores ópticos captam a radiação emitida da região do visível e do infravermelho e os sensores de radar captam a radiação na faixa do espectral de microondas (CUNHA, 2009). As imagens Landsat contêm todas as bandas espectrais e cada banda representa a resposta do solo em uma determinada faixa espectral. Em papel, uma imagem colorida é feita com três bandas, associando as bandas as cores azul, verde e vermelha, a sua escolha (DI PACE, 2008), dependendo assim, dessa combinação para obter a cor natural da área.

2.3.2. *RapidEye*

O sensor possui uma junção de cinco micro-satélites lançados no dia 29 de agosto de 2008, capazes de adquirir imagens coloridas com resolução espacial de 5 m, registrando em 5 faixas nas regiões do visível e do quase infravermelho. O sistema *rapidEye* foi desenvolvido para obtenção de imagens de satélites de forma regular e com alta definição. Apresenta uma junção única no mercado de imagens de satélite, pois combina alta resolução espacial, espectral e temporal como nenhum outro sistema (FELIX et al., 2009).

A componente espacial do sistema apresenta cinco satélites idênticos e posicionados em órbita síncrona com o Sol, com igual espaçamento entre os satélites. Cada um deles efetua 15 voltas por dia em torno do planeta (ALVARENGA, 2012). O sistema é capaz de produzir imagens de qualquer ponto do globo, em qualquer dia e todos os dias.

Este é o primeiro sistema orbital que permite medir variações na vegetação possibilitando a separação de espécies e monitoramento da saúde da vegetação a partir da banda *Red-Edge*, específica para o monitoramento da atividade fotossintética da vegetação. Os produtos da *RapidEye* são úteis para a agricultura e silvicultura, pois podem permitir previsão das colheitas, inspeção dos licenciamentos ambientais e a produção de mapas atualizados até mesmo das áreas mais remotas do mundo (FELIX et al., 2009).

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada ao oeste do Maranhão (Figura 1), apresenta uma área de aproximadamente 2.606.220 hectares, envolvendo vários municípios dentro da microrregião de Imperatriz-MA e parte do Tocantins.

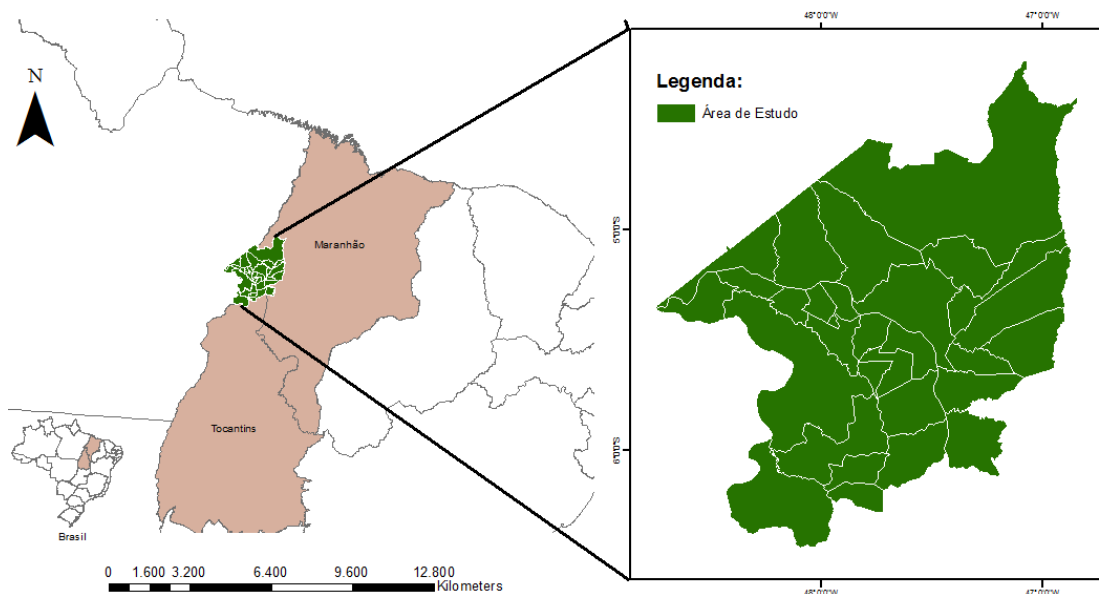


Figura 1. Localização da área de estudo entre Maranhão e Tocantins.

A parte da região de estudo localizada no estado do Maranhão está inserida na Amazonia Legal e a parte localizado no estado de Tocantins está situada no bioma Cerrado. A área se encontra parcialmente inserida na zona de MaToPiBa (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), mostrando que fronteiras florestais e agrícolas tem muito a crescer nos próximos anos nessa área (EMBRAPA, 2014).

O clima da região é definido por duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, sendo que a última apresenta chuvas torrenciais. A pluviosidade média é de 1450 mm e a temperatura varia de 20 a 38°C, com pico de 40°C. (ALENCAR, 2013). O relevo apresenta formação tabular, planaltos e chapadas, solo latossolo vermelho e quartzoso associados a Bacia Hidrográfica – Tocantins/Araguaia, com cobertura vegetal latifoliada e arbórea, além de campos, várzeas e gramíneas (BANDEIRA, 2013).

Em 2014, foi inaugurada a empresa SUZANO Papel e Celulose no município de Imperatriz. A fábrica, ampliou os investimentos e a capacidade de geração de emprego

na região, gerou oportunidades e renda, movimentando um faturamento em média três vezes maior nos municípios em que possuem fábricas e plantios florestais (PEREIRA, 2013).

3.2. Base de Dados

A avaliação do impacto do plantio de Eucalipto na região de Imperatriz foi realizada a partir de três conjuntos de imagens para três anos diferentes. As imagens referentes aos anos 2005 e 2010 foram obtidas pelo satélite Landsat-5 de sensor TM, por meio do site do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Já as do ano 2016 foram obtidas pelo Satélite Landsat-8 de sensor OLI, por meio do site do USGS. As imagens fornecidas foram georreferenciadas em projeção UTM e Datum WGS 84. Envolvem as órbitas (Path) 222 e 223 e os pontos (Row) 63 e 64 (Figura 2; Tabela 1).

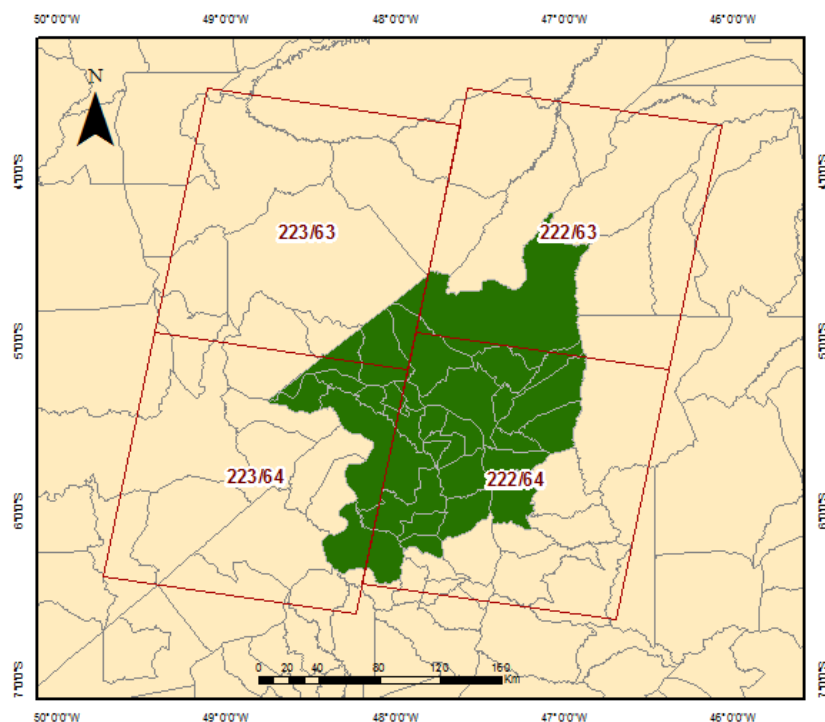


Figura 2. Órbitas e Pontos de Imagens de Landsat para a região de Imperatriz.

As imagens foram obtidas entre julho e setembro (Tabela 1) evitando assim a quantidade de nuvens na região, por ser um período seco.

Tabela 1. Cenas utilizadas para cobrir a área de Estudo.

Cenas		
Satélite/Sensor	Órbita/Ponto	Data de aquisição
Landsat-5	222/63 e 222/64	14/07/2005
Instrumento TM		
Landsat-5	223/63 e 223/64	06/08/2005
Instrumento TM		
Landsat-5	222/63 e 222/64	20/07/2010
Instrumento TM		
Landsat-5	223/63 e 223/64	05/09/2010
Instrumento TM		
Landsat-8	222/63 e 222/64	28/07/2016
Instrumento OLI		
Landsat-8	223/63 e 223/64	03/07/2016
Instrumento OLI		

3.3. Processamento

Para compor as imagens do Satélite Landsat-5, sensor TM, foram utilizadas as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 e para composição das bandas do Satélite Landsat-8, sensor OLI, foram utilizadas as bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7. Após a composição, as imagens foram checadas e corrigidas geometricamente para garantir a fidelidade na análise espaço-temporal. Posteriormente, foram realizados mosaicos dos dois pontos (*Row*) para cada órbita (*Path*) em seu referido ano.

A análise visual foi feita a partir dos mosaicos de imagens em composição colorida RGB 3/4/5, sendo, respectivamente, as cores, vermelho, verde e azul. Essa composição realça as áreas cobertas por vegetação fotossinteticamente ativa em tonalidades verde-rosa (SOUZA et al., 2011). A banda 3 corresponde à faixa espectral do vermelho, a banda 4 corresponde à faixa espectral do infra infravermelho próximo e a banda 5 corresponde à faixa espectral do infravermelho médio.

3.4. Classificação supervisionada

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra foi feita a inspeção visual dos mosaicos analisando a textura, a forma, o tamanho, a sombra, a altura, o padrão da

drenagem e relevo. Cada tipo de uso e cobertura da terra foi identificado a partir da interpretação de todos estes elementos. Utilizou-se a classificação supervisionada no software ArcGIS, com o algoritmo Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood*) para análise dos tipos de uso do solo. Este método foi aplicado de forma individual para cada mosaico, derivados das imagens Landsat. A classificação por mosaico buscou minimizar os efeitos sazonais na classificação.

Desta maneira, foram realizadas 6 classificações, uma para cada mosaico da sua órbita e ano de referência. Na amostragem de cada uso e cobertura da terra foram considerados 5 tipos de uso e cobertura de interesse para a classificação: Corpos d' água, Vegetação nativa, Agropecuária, Solo exposto e Incêndio. Para cada classe de interesse foram amostrados de 20 a 70 polígonos com o intuito de melhor representação da área.

As assinaturas espectrais de cada classe foram utilizadas como entrada do algoritmo de Máxima Verossimilhança para então classificar os tipos de uso e cobertura em toda a área de estudo, gerando uma imagem classificada. Por fim, para eliminar ruídos na classificação, ou seja, *pixels* compondo uma classe isolada no contexto de uma classe maior, foi aplicado o filtro “*Majority*”, com janela 3 x 3 pixels.

3.5. Áreas de reflorestamento e cidades

As áreas de plantio de eucalipto e de cidades foram delimitadas em formato vetorial, utilizando imagens coloridas RGB 3/4/5 e interpretação visual das imagens multiespectrais dos três anos. O reflorestamento foi identificado pela comparação de sua tonalidade de verde e o contraste com as demais áreas de agricultura e vegetação nativa presentes nas imagens, além de verificar regiões que possuíam talhões.

Já as cidade foram identificadas utilizando áreas extensas que foram categorizadas pela classificação supervisionada como solos, além da análise visual em escala variável entre 1:20.000 e 1:600.000.

3.6. Análise da dinâmica do uso e cobertura da terra

A análise da estimativa da área total de cada classe de uso e cobertura da terra foi feita a partir da classificação supervisionada para o período de 2005, 2010 e 2016. Neste caso, as imagens classificadas foram recortadas para incluir apenas a área de estudo e cada classe foi mensurada para cada ano da análise. A mensuração foi feita de modo indireto a partir da contagem de pixels de cada classe, sendo a área de cada pixel de 900 m², ou seja, 30x30m.

3.7. Avaliação da acurácia

Para a avaliação da acurácia do mapeamento do uso e cobertura da terra, foram utilizadas duas imagens de alta resolução *RapidEye*, adquiridas pela plataforma do Ministério do Meio Ambiente, com 5 metros de resolução espacial, adquiridas em 2011 e a imagem classificada do Landsat-5 TM do ano de 2010. Os anos das imagens foram escolhidos por suas datas serem próximas entre si, evitando erros de estimativa da acurácia devido à eventuais mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra ao longo dos anos.

Foram aleatorizados 181 pontos amostrais na área da classificação de uso e cobertura da terra e nas imagens *RapidEye*. Cada ponto da imagem *RapidEye* foi identificado visualmente e verificado se a classe correspondia ao da imagem classificada pela análise supervisionada. Devido à área recoberta pelas imagens *RapidEye* serem restritas e não abrangerem a área total da imagem classificada, foram amostradas as seguintes classes de uso e cobertura da terra: Vegetação Nativa, Agropecuária, Solo exposto, Área Urbana e Floresta Plantada.

Os resultados da classificação e das imagens *RapidEye* foram inseridos numa matriz de confusão que possibilitou a estimativa da acurácia geral e dos erros cometidos pela classificação dos diferentes usos e coberturas da terra.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação da Acurácia do mapeamento

Dos 182 pontos amostrados, 127 foram classificados corretamente, resultando em uma exatidão global de 69%, considera como boa classificação (FOODY, 1992). Os maiores erros de omissão foram obtidos nas classes de área urbana e floresta plantada, com 60% e 50% de omissão, respectivamente. É comum a baixa acurácia para mapeamento de áreas urbanas, pois são de difícil classificação por possuírem uma grande variedade de feições (concreto, solo exposto, vegetação, construção, rodovias, etc.) em áreas relativamente pequenas nos contextos de estudos utilizando dados de sensores remotos (LUCAS, 2012). Do mesmo modo, as áreas de florestas plantadas são comumente confundidas com vegetação nativa densa devido à semelhança espectral entre essas classes de uso e cobertura da terra (EMBRAPA, 2012).

As classes de vegetação nativa e de agropecuária também apresentaram certa confusão. Neste caso, a vegetação nativa foi parcialmente confundida com área de pastagem nativas ou plantadas. No presente estudo, houve um erro de 30% e 22% de superestimativa e subestimativa de áreas de vegetação nativa, respectivamente, sendo a maior desses erros observada entre vegetação nativa e agropecuária. De fato, este tipo de confusão é esperado devido a semelhança espectral entre alguns alvos que compõem o Cerrado (SANO & FERREIRA, 2005; COSTA et al., 2015). A classe de solo exposto também apresentou 40% e 25% de erro de superestimativa e subestimativa, respectivamente. Novamente, os maiores erros ocorreram entre solo exposto e as classes de vegetação nativa e agropecuária. Na tabela 2 encontram-se mais detalhes da estimativa de erros de classificação do uso e cobertura da terra na área de estudo.

Tabela 2. Matriz de confusão estimada a partir da classificação do uso e cobertura da terra em 2010 comparados com dados referência obtidos da imagem *Rapideye* de 2011.

Observação (Rapideye)	Classificação					Total	Acurácia do Produtor	Erro de omissão
	Vegetação Nativa	Agrope- cuária	Solo exposto	Área Urbana	Floresta plantada			
Vegetação Nativa	69	19	1	0	0	89	0,78	0,22
Agropecuária	25	44	1	0	0	70	0,63	0,37
Solo exposto	2	1	9	0	0	12	0,75	0,25

Classificação								
Observação (Rapideye)	Vegetação Nativa	Agrope- cuária	Solo exposto	Área Urbana	Floresta plantada	Total	Acurácia do Produtor	Erro de omissão
Área Urbana	0	0	3	2	0	5	0,4	0,6
Floresta plantada	3	0	0	0	3	6	0,5	0,5
Total	99	64	14	2	3	127		
Ac. Usuário	0,7	0,7	0,6	1	1			
Erro de Comissão	0,3	0,3	0,4	-	-			

A área urbana e a floresta plantada não apresentaram erro de comissão, não apresentando superestimação. Já as áreas de agropecuária e de solo exposto foram superestimadas neste estudo, em sua maioria confundidas com vegetação graminóide e, outras vezes classificadas como agropecuária, algumas áreas urbanas (cidades) e estradas.

Buscando minimizar alguns erros da classificação supervisionada, foi feita uma inspeção visual sobre as imagens para reedição de áreas urbanas e as áreas de reflorestamento. Ao final, os polígonos de áreas urbanas e reflorestamento foram convertidos para formato matricial e agregados nas matrizes de classificação do uso e cobertura da terra como novas classes, para cada ano da análise.

4.2. Uso e cobertura da terra

Os resultados da análise do uso e cobertura do solo na região de Imperatriz-MA, mostraram que a Agropecuária é o uso da terra predominante, ocupando cerca de 45% da área total de estudo em 2016. Tal expressividade pode estar relacionada à confusão na classificação entre Cerrado Ralo e Agropecuária. Segundo Silva et al. (2013), esses dois tipos de uso e cobertura da terra apresentam similaridade no comportamento espectral que dificulta suas diferenciações.

As áreas de vegetação nativa foram reduzidas de 42,9% para 39,2% da área de estudo entre 2005 e 2016, totalizando uma redução de um pouco mais de 126 mil hectares em 11 anos. A taxa de desmatamento foi estimada em 0,3% ao ano entre 2005 e 2016 na área de estudo (Tabela 3 e Figura 3). A área de vegetação nativa é constituída por dois biomas de grande importância, sendo eles a Amazônia e o Cerrado (MMA, 2009; MARANHÃO, 2011; MARTINS & OLIVEIRA, 2011). Segundo o MMA (2011) as taxas de desmatamento no bioma Cerrado têm sido as maiores dentre os seis biomas brasileiros, apresentando o mesmo valor encontrado no estudo.

Tabela 3. Dinâmica do uso e cobertura da terra na área de estudo em 2005, 2010 e 2016.

Classes de uso e cobertura da terra	2005		2010		2016	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Agropecuária	1.253.445,0	48,1	1.108.572,0	43,4	1.131.872,0	44,8
Área urbana	19.081,1	0,7	20.717,0	0,8	21.326,9	0,8
Corpos d'água	28.260,9	1,1	27.497,7	1,1	25.387,8	1,0
Floresta plantada	20.393,6	0,8	25.242,3	1,0	35.594,3	1,4
Incêndio	701.22,3	2,7	157.623,8	6,2	45.869,2	1,8
Solo exposto	97.648,1	3,7	184.966,6	7,2	273.550,9	10,8
Vegetação nativa	1.117.270,0	42,9	1.031.215,0	40,3	990.813,5	39,2

Os corpos d'água ocuparam cerca de 1% da região de estudo e os incêndios atingiram em média 3,6% entre 2005 e 2016, sendo que em 2010 houve a maior ocorrência do fogo, atingindo 6,2% da área de estudo. Em 2010, observou-se um déficit de precipitação, aproximadamente 25 mm abaixo da média mensal para a região, o que pode explicar o excesso de áreas atingidas por fogo (MMA, 2011). As áreas de solo exposto ocuparam em média 7,2% da área de estudo entre 2005 e 2016, observadas, normalmente, em regiões agrícolas, caracterizadas como estágio temporário e parte do ciclo de produção da agricultura extensiva (Tabela 3).

A área de solo exposto apresentou um aumento de 3,5% e 3,6% da área de estudo nos períodos de 2005-2010 e 2010-2016, respectivamente. Em 2016, os solos expostos ocupavam mais de 273 mil hectares, equivalente a 10,8% da área de estudo. A expressividade desta classe de uso da terra está relacionada à localização espacial da área de estudo na região MaToPiBa (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), considerada uma fronteira para produção de commodities agrícola nacional na atualidade (EMBRAPA 2014; MAPA 2015), com potencial para a manutenção da expansão da agricultura nos próximos anos (MAPA, 2015).

A área urbana é a classe que ocupa a menor área territorial da região, aproximadamente 0,8% entre 2005 e 2016 (Tabela 3). Já as áreas de florestas plantadas ocuparam em média 1% da área, com tendência de crescimento em todo o período de estudo. As áreas de agropecuária ocuparam em média 45,4% no período de análise. Comparado a área ocupada com a agropecuária, a silvicultura ocupa pequena parte do território e, por isso, apresenta um aparente potencial para expansão (Figura 3).

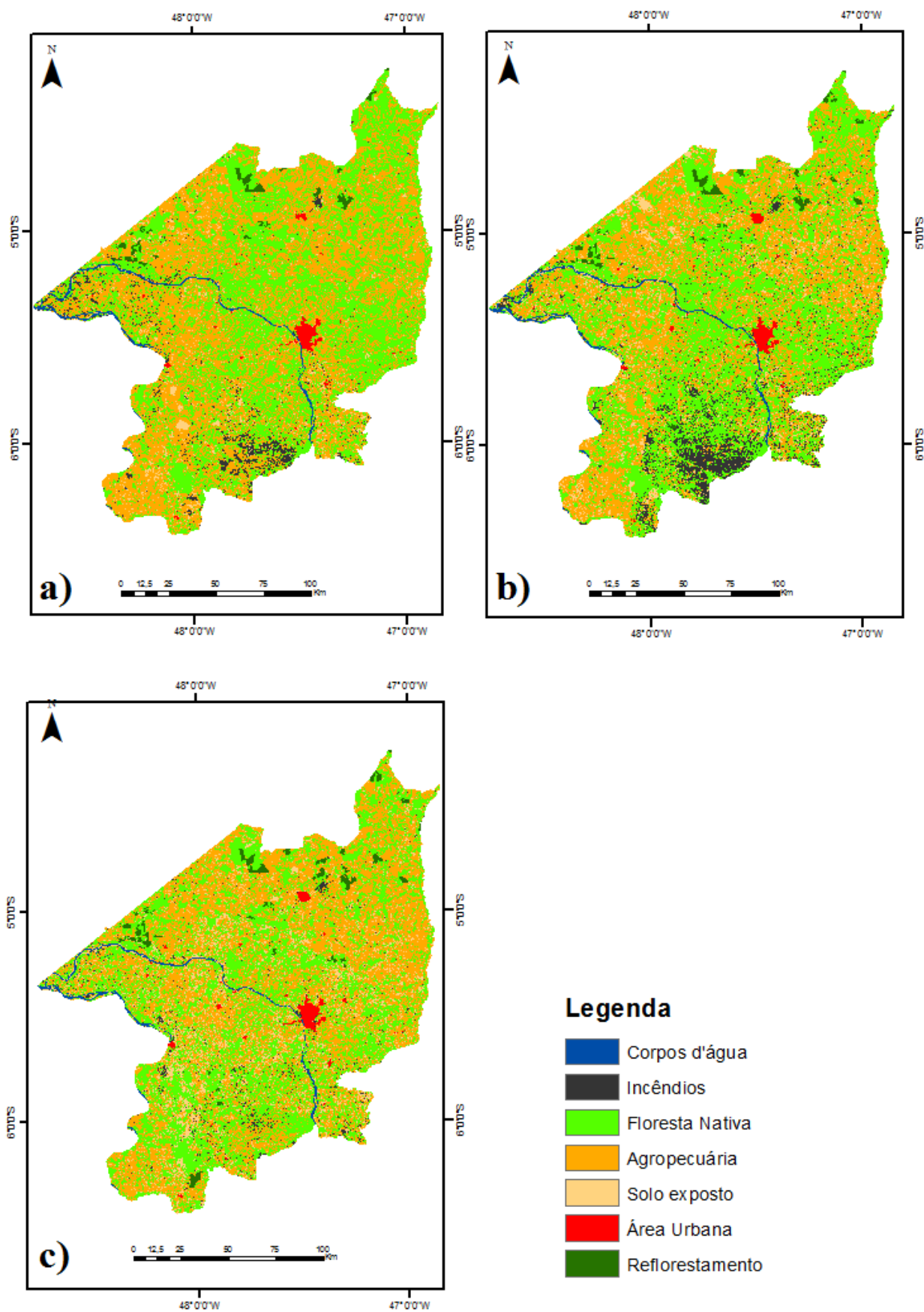


Figura 3. Classes de uso e cobertura da terra na região de Imperatriz, Maranhão em a) 2005, b) 2010 e c) 2016.

4.3. Áreas reflorestadas

A produção de florestas plantadas nos municípios inseridos na área de estudo está majoritariamente voltada para atender a demanda da indústria de Papel e Celuloses Suzano, instalada nessa mesma região. O município de Açailândia apresentou a maior área reflorestada, com 21.434,5 hectares de floresta plantada em 2016 (Tabela 4). O município de São Pedro da Água Branca, com 7.886,3 hectares de floresta plantada em 2016, está localizado na microrregião de Imperatriz, constituindo-se numa zona que possui grande extensão de terra certificadas pela Suzano (SUZANO, 2015). A distância de São Pedro da Água Branca até Açailândia é de 63 quilômetros e de Açailândia até a sede da Suzano em Imperatriz é de aproximadamente 60 quilômetros.

Tabela 4. Áreas de reflorestamento por município da região de estudo em 2016.

Municípios	Área (ha)	%
São Francisco do Brejão	1.480,5	4,0
Açailândia	21.434,5	58,3
São Pedro da Água Branca	7.886,3	21,4
Outros	995,6	2,7
Cidelândia	565,0	1,5
Ananás	3.201,2	8,7
Araguatins	1.222,9	3,3
Total	35.594,30	100

A infraestrutura rodoviária e ferroviária da região parece favorecer os plantios mais distantes da indústria de processamento da matéria-prima dos eucaliptos para papel e celulose. Segundo Martin (2014) a região de estudo possui capacidade anual de 1,5 milhões de toneladas de mercado de eucalipto. A região pertence ao bioma Amazônico que vive sob intensa pressão de desmatamento e envolve habitat singular para diversas espécies endêmicas e ameaçadas (MARTINS & OLIVEIRA, 2011).

Os outros municípios reportados nesta pesquisa são mencionados no Plano de Manejo Florestal Sustentável como áreas de cultivo de eucalipto (UNF-MA, 2015). Por exemplo, os municípios de São Francisco do Brejão e Cidelândia estão localizados no Maranhão e os municípios de Ananás e Araguaatins estão localizados em Tocantins e possuem imóveis da empresa Suzano Papel e Celulose (Figura 4).

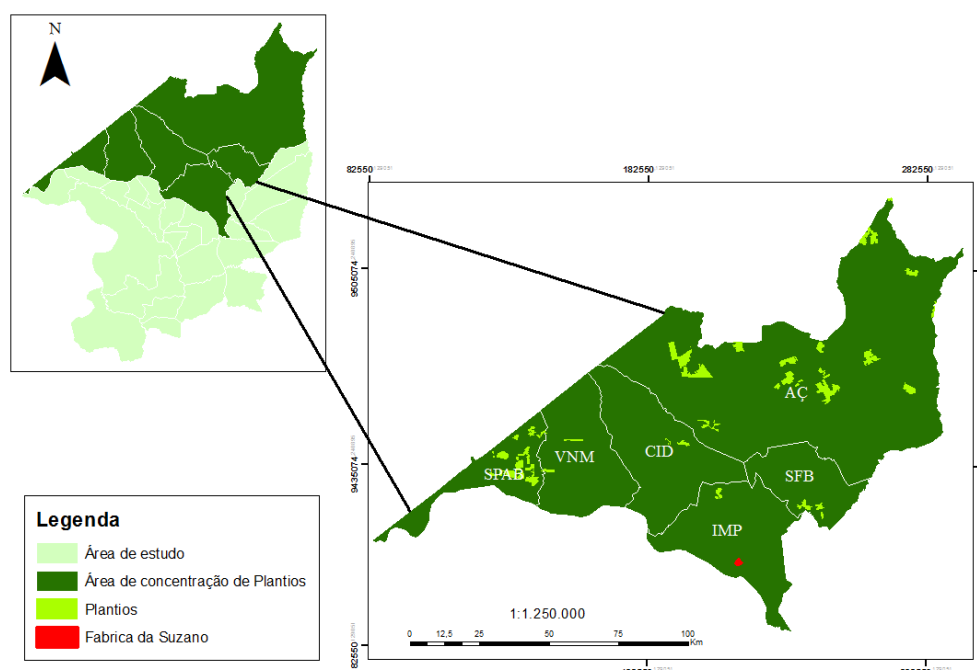


Figura 4. Localização das áreas de plantios de eucalipto na região de Imperatriz, estado do Maranhão. SPAB = São Pedro da Água Branca; VNM = Vila Nova dos Martírios; CID = Cidelândia; AÇ = Açailândia; SFB = São Francisco do Brejão; IMP = Imperatriz.

De acordo com o relatório da ABRAF (2013), o estado do Maranhão possuía aproximadamente 173 mil hectares de plantios florestais até 2013, dos quais 35.594,3 hectares estão inseridos, atualmente, na região de estudo. No mesmo relatório, foi previsto que a produção de florestas plantadas crescerá exponencialmente nos próximos anos, devido a instalação da fábrica de Celulose e Papel Suzano.

4.4. Dinâmica do uso e cobertura da terra

Segundo Barros (2011), o setor florestal exige áreas desmatadas para que sejam implantadas as culturas de eucalipto. Portanto, os plantios seriam uma forma de melhorar as condições edáficas e ambientais da região que foi degradada devido ao uso intensivo agropecuário. Além disso, gera outros benefícios como emprego e renda para a população do entorno (SBS, 2008). Entretanto, neste estudo observou-se que uma parte dos plantios de eucaliptos foram implantados sobre áreas de vegetação nativa. Estima-se que 28,7% (aproximadamente 10 mil hectares) da área de florestas plantadas em 2016 foram implantadas sobre áreas de vegetação nativa até 2005. Outros 55,1% dos plantios florestais foram implantados sobre áreas previamente ocupadas por florestas plantadas (Figura 3). Outros 5,7% e 7,2% dos reflorestamentos foram implantados sobre agropecuária em 2005 e 2010, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Uso prévio das áreas com plantio de eucalipto em 2016.

Uso Prévio em 2005	Reflorestamento até 2010		Reflorestamento até 2016	
	Hectares	%	Hectares	%
Cicatrizes de fogo	41,9	0,2	894,6	2,5
Agropecuária	1.430,20	5,7	2.549,10	7,2
Vegetação nativa	3.963,40	15,7	10.209,70	28,7
Solo exposto	1.529,40	6,1	2.318,40	6,5
Floresta Plantada	18.277,00	72,4	19.596,50	55,1
Total	25.242,30	100	35.594,30	100

Em 2010, 72,4% da área atualmente ocupada por floresta plantada apresentava o mesmo uso atual e 15,7% dos reflorestamentos foram implantados em áreas ocupadas por vegetação nativa até 2010. A participação dos reflorestamentos para o aumento do desmatamento na região de estudo deve ser observada com cautela, pois a acurácia na detecção do uso e cobertura da terra revelou certa limitação e confusão entre algumas classes. Destaca-se aqui o erro de comissão de 30% estimado para mapeamento dos usos de vegetação nativa e agropecuária. Tal erro está relacionado à confusão entre áreas de pastagem e de vegetação nativa que apresentam respostas espectrais semelhantes nas imagens de sensoriamento remoto.

A expressiva participação das áreas de florestas plantadas até 2005 (mais de 17 mil hectares) na região de estudo pode ser explicada pela grande quantidade de plantios florestais por pequenos produtores na região de estudo. Tais áreas atendiam a demanda de matéria-prima para indústria siderúrgica em áreas de fomento ao reflorestamento pela empresa Vale do Rio Doce e outras empresas do ramo (VALE, 2015).

As áreas que apresentavam cultivo agropecuário, possivelmente foram alocadas em outras regiões, enquanto estavam sendo substituídas por cultivos florestais. Existe uma teoria que sustenta que as transições florestais ocorrem porque, ao longo do tempo, os agricultores concentram a produção em terras mais produtivas e abandonam as terras menos produtivas. As áreas menos produtivas podem ser utilizadas para reflorestamento, sendo a principal hipótese para a mudança de uso agropecuário na área de estudo de acordo com o sugerido por Meyfroidt et al. (2010) numa pesquisa sobre *Land use displacement*.

5. CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa indicam que a agropecuária foi o uso da terra predominante (~45%) na região e período de estudo, seguido imediatamente por vegetação nativa, que ocupou outros 41% do território estudado até 2016, sendo que estas áreas foram reduzidas em aproximadamente 126 mil hectares entre 2005 e 2016. As áreas de florestas plantadas ocupavam 1% (35.594 hectares) da área de estudo em 2016.

A maioria dos reflorestamentos de eucaliptos implantados até 2016 na área de estudo substituíram áreas com uso prévio de florestas plantadas (55,1%) e vegetação nativa (~29%) até 2005. Outros 6,5% das áreas reflorestadas foram implantadas sobre solos expostos, a maior parte considerada áreas de cultivos agrícolas. Tais resultados indicam que a expansão do reflorestamento foi responsável direto por aproximadamente 8% (10.210 hectares) do desmatamento de vegetação nativa ocorrido no período de 2005 e 2016, não podendo assim ser considerado o principal fator do aumento do desmatamento na região estudada. Entretanto, outros efeitos, como o deslocamento de usos da terra para outras regiões, que podem resultar em aumento do desmatamento, ainda devem ser melhor investigados na região de estudo.

A área total de plantios de eucaliptos passou de 20.393,6 hectares em 2005 para 35.594 hectares em 2016, representando um aumento de 43% em relação ao primeiro ano desta análise. Com base no crescimento anual desde 2005 e, considerando a instalação da SUZANO Papel e Celulose, as áreas de plantio de eucalipto devem continuar aumentando na região de Imperatriz-MA como forma de suprir a demanda de celulose da empresa. Portanto, essa região requer medidas de comando e controle a fim de garantir o crescimento sustentável que não prejudique a biota local.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2013 – ano base 2012. Brasília, 2013.
- AGEFLOR. A indústria de base florestal no Rio Grande do Sul – ano base 2015. Porto Alegre, 2016.
- ALENCAR, José Costa. Diagnóstico e inventário de ciclo de vida do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de imperatriz-MA. Santa Cruz do Sul, 2013.
- ALVARENGA, L. H. V. Imagens de alta resolução e geoestatística na estratificação da fisionomia cerrado para inventários florestais. 2012. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- BACHA, C. J. C. Análise da Evolução do Reflorestamento no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 55, n. 2, 2008.
- BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento. Geodiversidade do estado do Maranhão/Organização Iris Celeste Nascimento. – Teresina: CPRM, 2013.
- BARROS, C. J. DESERTO VERDE - Os impactos do cultivo de eucalipto e pinus no Brasil. **Repórter Brasil**. 2011. Disponível em: http://reporterbrasil.org.br/wp-content/uploads/2015/02/8.-caderno_deserto_verde.pdf. Acesso em: 13 nov 2016.
- CARVALHO, V. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; SANTOS, J. R. dos; HENANDEZ FILHO, P. Subsídios do sensoriamento remoto para o manejo florestal: estado atual da arte e perspectivas. *Silvicultura*, São Paulo, v. 12, n. 42, t. 1, p. 28-34, 1992. Edição dos Anais do Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão.
- COSTA, W. S.; FONSECA, L. M. G; KORTING, T. S. Classificação de pastagens cultivadas e formações campestres nativas no Cerrado brasileiro a partir da análise de séries temporais extraídas de índices EVI do sensor MODIS. In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, INPE. 2015.

- COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. II – As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-arbustivo. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, v. 5, p. 57-64, 1977.
- CUNHA, K. L. Uso de imagens Landsat e CBERS no mapeamento da suscetibilidade à erosão na região de Primavera do Leste – MT. 2009. 63f. Dissertação (Mestrado em física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. 2009.
- DA SILVA, Bernardo Barbosa; LOPES, Gláucia Miranda; DE AZEVEDO, Pedro Vieira. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM. **Rev. Bras. Agrometeorologia**, v. 13, n. 2, p. 11-21, 2005.
- DI PACE, Frederico T. et al. Mapeamento do saldo de radiação com imagens Landsat 5 e modelo de elevação digital. **Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 385-392, 2008.
- EMBRAPA. 500 perguntas e 500 respostas – Geotecnologia e Geoinformação. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. São Paulo. 2012.
- _____. LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013.
- _____. Proposta de Delimitação Territorial do MATOPIBA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Campinas, 2014.
- FAO, Global Forest Resources Assessment 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 02 ago. 2016.
- FELIX, I. M.; KAZMIERCZAC, M. L.; ESPINDOLA, G. M. RapidEye: a nova geração de satélites de observação da terra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. Anais. Natal: INPE, 2009.
- FIGUEIRO, D. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. divino.figueiredo@conab.gov.br. Setembro, 2005. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf. Acesso em: 18 out 2016.

- FLORENZANO, T. G. Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 97p. 2002.
- FRANÇA, D. de A.; FERREIRA, N. J. Considerações sobre o uso de satélites na detecção e avaliação de queimadas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3017-3023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidade: Imperatriz. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=210530&search=maranhao|imperatriz|infograficos:-dados-gerais-do-municipio>>. Acessado em: 06 de Maio de 2015.
- JUNIOR, L. S; GARCIA, J. N. Potencial de melhoramento genético em Eucaliptos urophylla procedente da Ilha Flores. **Scientia Florestalis**. n. 64, p. 23-32, dez 2003.
- JUVENAL, Thaís Linhares; MATTOS, René Luiz Grion. O setor de celulose e papel. BNDES. BNDES, v. 50, 2002.
- KENGEL, S. A política florestal brasileira, uma perspectiva histórica. IN: Trabalhos convidados IPEF. Série Técnica IPEF. N.34, 2001.
- LIMA NETO, E. M. de. Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. 2011.
- LUCAS, E.A.; SCHÄFER, A.; BRANCO, V.T.A. Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Negro-RS Utilizando Imagens de Satélite do Sensor OLI/LANDSAT 8. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento e XXV Exposicarta, Gramado. 2014.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Brasil 2014/15 a 2024/25. 6ª edição. Brasília, 2015.

- MARANHÃO, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais. Plano de ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Estado do Maranhão (Decreto nº 27.317, de 14 de abril de 2011). São Luís, Maranhão, 2011.
- MARTIN, C. Suzano Papel e Celulose inicia operações da Unidade Imperatriz. **Revista O papel.** Janeiro de 2014. Disponível em: http://www.revistaopapel.org.br/noticia-anexos/1390237621_b00e82bd5f2664bc7202e3a3ee742281_1950692413.pdf. Acesso em: 24 nov 2016.
- MARTINS, B. M. OLIVEIRA, T. G. Amozônia Maranhense: Diversidade e Conservação. Belém, 2011.
- MEYFROIDT, P.; RUDEL, T. K.; LAMBIN, E. F. Forest transitions, trade, and the global displacement of land use. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2010. Disponível em: <http://doi.org/10.1073/pnas.1014773107>. Acesso em: 27 nov 2016.
- MIRANDA, E. E. Who are the deforestation champions? Natureza, conservação e cultura. Metalivros. São Paulo, 2002.
- MIRANDA, S. B. A monocultura do Eucalipto alterando o Espaço Agrário no Oeste Maranhense. Uberlândia – MG, out. 2012.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado. 2009. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_tal/_arquivos/anexo_1____ppcerrado_104.pdf. Acesso em: 23 set 2016.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado. Brasília – DF. 2011. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/201/_arquivos/ppcerrado_201.pdf. Acesso em: 26 nov 2016.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Brasília – DF. 2011. Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatoriofinal_cerrado_2010_final_72_1.pdf. Acesso em: 13 out 2016.

NOVAES, W. Eco-92: avanços e interrogações. *Estudos Avançados*, v. 6, n. 15, p. 79-93, 1992.

NOVAIS, L. F. Análise da colheita florestal mecanizada em povoamentos de Eucaliptos spp na região de Coronel Fabriciano, MG. 33 f. Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.

PELA, S. K. Florestamento e reflorestamento no Brasil: uma análise do Projeto Floram. São Paulo, 2010.

PEREIRA, F. S. R. Mercado imobiliário em médias cidades: Um Estudo da Formação, Crescimento e Influência do Mercado de Imóveis em Imperatriz-MA. Belém, Pará. 2013.

SANO, E.E.; FERREIRA, L.G. Monitoramento semidetalhado (escala de 1:250.000) de ocupação de solos do Cerrado: considerações e proposta metodológica. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 12., 2005.

SAUSEN, T. M. Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais. Projeto Educa SeRe III-Carta-Imagens CBERS. São José dos Campos, SP, 2000.

SBS. Sociedade Brasileira de Silvicultura. Fatos e Números do Brasil Florestal. 2008. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>. Acesso em: 22 out 2016.

SCHUMACHER M. V. CALIL, F. N. VOGEL, H. L. M. Silvicultura aplicada. Rio Grande do Sul, 2005.

SILVA, E. B. et al. Mapeamento de mudança de uso e cobertura da terra no bioma Cerrado entre 1975 e 2010 a partir da classificação de imagens Landsat. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Foz do Iguaçu, Paraná. 2013.

- SOBRAL, L. et al. Acertando o alvo 2: consumo de madeira amazônica e certificação florestal no Estado de São Paulo. In: Acertando o alvo 2: consumo de madeira amazônica e certificação florestal no Estado de São Paulo. Imazon, 2002.
- SOUZA, U. B., SOUZA, S. F., SANTOS, C. A. P., AMARAL, A. G. Uso do sensoriamento remoto na análise da dinâmica da paisagem em um período de 20 anos no anel da soja, Oeste da Bahia. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Curitiba: INPE, p. 3014, 2011.
- SUZANO. Empresa de Papel e Celulose. PLANO DE MANEJO FLORESTAL UNF-MA 2015 Núcleo Cidelândia e Dom Eliseu. 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Larissa%20Moreira/Downloads/Resumo-Publico-do-Plano-de-Manejo-Florestal-Maranhao-2015.pdf>. Acesso em: 20 jul 2016.
- USGS. Frequently Asked Questions about the Landsat Missions. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php. Acesso em: 18 ago. 2016
- VALE S. A. Formulário de Referência. Versão 3. 2015. Disponível em: [http://www.vale.com/PT/investors/information-market/annual-reports/reference-form/Documents/docs-pt/Vale%20Formul%C3%A1rio%20de%20Refer%C3%Aancia%202014%20-%20v.3%20\(06.07.2015\).pdf](http://www.vale.com/PT/investors/information-market/annual-reports/reference-form/Documents/docs-pt/Vale%20Formul%C3%A1rio%20de%20Refer%C3%Aancia%202014%20-%20v.3%20(06.07.2015).pdf). Acesso em: 27 nov 2016.
- VALVERDE, S. R. Desenvolvimento Sustentável sem Preciosismo Ambiental: A vez do Setor Florestal Brasileiro. Viçosa – MG. 2012.
- VITAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, dez. 2007.